

明 細 書

液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法

5 技術分野

本発明は、液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法に関する。

背景技術

液滴吐出装置の一つであるインクジェットプリンタは、複数のノズルからインク
10 滴（液滴）を吐出して所定の用紙上に画像形成を行っている。インクジェットプリ
ンタの印刷ヘッド（インクジェットヘッド）には、多数のノズルが設けられている
が、インクの粘度の増加や、気泡の混入、塵や紙粉の付着等の原因によって、いく
つかのノズルが目詰まりしてインク滴を吐出できない場合がある。ノズルが目詰ま
りするとプリントされた画像内にドット抜けが生じ、画質を劣化させる原因となっ
15 ている。

従来、このようなインク滴の吐出異常（以下、「ドット抜け」ともいう）を検出
する方法として、インクジェットヘッドのノズルからインク滴が吐出されない状態
（インク滴吐出異常状態）をインクジェットヘッドのノズル毎に光学的に検出する
方法が考案されている（例えば、特開平8-309963号公報など）。この方法
20 により、ドット抜け（吐出異常）を発生しているノズルを特定することが可能とな
っている。

しかしながら、上述の光学式のドット抜け（液滴吐出異常）検出方法では、光源
及び光学センサを含む検出器が液滴吐出装置（例えば、インクジェットプリンタ）
に取付けられている。この検出方法では、一般に、液滴吐出ヘッド（インクジェッ
25 トヘッド）のノズルから吐出する液滴が光源と光学センサの間を通過し、光源と光
学センサの間の光を遮断するように、光源及び光学センサを精密な精度で（高精度
に）設定（設置）しなければならないという問題がある。また、このような検出器
は通常高価であり、インクジェットプリンタの製造コストが増大してしまうという
問題もある。さらに、ノズルからのインクミストや印刷用紙等の紙粉によって、光

源の出力部や光学センサの検出部が汚れてしまい、検出器の信頼性が問題となる可能性もある。

- また、上述の光学式のドット抜け検出方法では、ノズルのドット抜け、すなわち、インク滴の吐出異常（不吐出）を検出することはできるが、その検出結果に基づいてドット抜け（吐出異常）の原因を特定（判定）することができず、ドット抜けの原因に対応する適切な回復処理を選択し、実行することが不可能であるという問題もある。そのため、例えば、ワイピング処理で回復可能な状態であるにもかかわらず、インクジェットヘッドからインクをポンプ吸引などすることにより、排インク（無駄なインク）が増加することや、適切な回復処理が行われなために複数の回復処理を実施することによって、インクジェットプリンタ（液滴吐出装置）のスループットを低下あるいは悪化させてしまう。

発明の開示

- 本発明の目的は、液滴吐出動作後におけるアクチュエータの静電容量の変化により発振するパルスを基準値から減算し、その減算結果に基づいて、液滴吐出ヘッドの吐出異常とその原因を判定することができる液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法を提供することにある。

- 上記課題を解決するために、本発明の一態様において、本発明の液滴吐出装置は、
- 振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティと、前記キャビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液体を液滴として吐出するノズルとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、
- 前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、
- 前記駆動回路によって前記アクチュエータが駆動された後、前記アクチュエータにより変位された前記振動板の残留振動に基づいて、発振する発振手段と、
- 前記発振手段によって発振した信号の所定の期間におけるパルス数を所定の基準値から減算する減算手段と、
- 前記減算手段の減算結果に基づいて、前記液滴吐出ヘッドに吐出異常が発生して

いるか否かを判定する判定手段と、

を備えることを特徴とする。

- 本発明の液滴吐出装置によれば、アクチュエータの駆動により、液体を液滴として吐出する動作を行った際に、アクチュエータによって変位させられた振動板の残留振動に基づいて発振回路が発振し、所定の基準値（正常カウント値）から発振パルスを減算し、その減算結果に基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）を検出する。

- 本発明の液滴吐出装置によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

- ここで、前記振動板の残留振動とは、前記アクチュエータが前記駆動回路の駆動信号（電圧信号）により液滴吐出動作を行った後、次の駆動信号が入力されて再び液滴吐出動作を実行するまでの間に、この液滴吐出動作により前記振動板が減衰しながら振動を続けている状態をいう。

- また、好ましくは、前記判定手段は、前記吐出異常が発生していると判定した際、その吐出異常の原因を判定する。そして、前記判定手段は、好ましくは、前記減算結果が第1の閾値よりも小さいときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと判定し、前記減算結果が第2の閾値よりも大きいときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定し、前記減算結果が第2の閾値よりも小さく、第3の閾値よりも大きいときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定する。なお、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、前記判定手段によって判定された判定結果を記憶する記憶手段を更に備えてもよい。なお、本発明において、「紙粉」とは、単に記録用紙などから発生した紙粉のみに限らず、例えば、紙送りローラ（給紙ローラ）などのゴムの切れ端や、空気中に浮遊するごみなどを含むノズル付近に付着して液滴吐出の妨げとなるすべてのものをいう。

さらに、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、前記アクチュエータの駆動によ

る前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える切替手段を更に備えてもよい。また、前記発振手段は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによるCR発振回路を構成してもよい。

- 5 ここで、好ましくは、前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動波形における1又は複数箇所の期間である。そして、前記所定の期間は、前記残留振動が発生するまでの期間であってもよく、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期までの期間であってもよい。さらに、前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期毎の期間であってもよく、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の1/4周期までの期間であってもよく、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の1/4周期毎の期間であってもよい。
- 10

- また、好ましくは、前記所定の基準値は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出されたとき、前記所定の期間における前記発振手段により発振されたパルス数である。ここで、前記判定手段は、前記複数の液滴吐出ヘッドを走査して発振手段により発振させ、前記減算手段により得られた減算結果に基づいて、それぞれの液滴吐出ヘッドに対し吐出異常が発生しているか否かを判定するよう構成されてもよい。
- 15

- 20 なお、前記アクチュエータは、静電式アクチュエータであってもよく、圧電素子の piezo 効果を利用した圧電アクチュエータであってもよい。また、好ましくは、前記液滴吐出装置は、少なくともインクジェットプリンタを含む。

また、本発明の別の態様において、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法は、

- 25 アクチュエータを駆動して振動板を振動させることにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、前記振動板の残留振動に基づいて発振させ、この発振した信号の所定の期間におけるパルス数を所定の基準値から減算し、該減算結果に基づいて、吐出異常が発生しているか否かを判定することを特徴とする。そして、好ましくは、前記吐出異常が発生していると判定した際、そ

の吐出異常の原因を判定する。これにより、上記液滴吐出装置における効果と同様の効果を得ることができる。

ここで、好ましくは、前記減算結果が第1の閾値よりも小さいときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと判定し、前記減算結果が第2の閾値よりも大きいときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定し、前記減算結果が第2の閾値よりも小さく、第3の閾値よりも大きいときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定してもよい。なお、好ましくは、前記判定において判定された判定結果が記憶部に記憶される。

また、好ましくは、前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替えてもよい。ここで、前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動波形における1又は複数箇所の期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期までの期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期毎の期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の1/4周期までの期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の1/4周期毎の期間のいずれかである。

なお、好ましくは、前記所定の基準値は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出されたとき、前記所定の期間における発振されたパルス数である。

20

図面の簡単な説明

本発明の前述の並びに他の目的、特徴及び利点は、添付図面を参照して進められる本発明の好適実施形態の以下の詳細な記述から一層容易に明確になるであろう。

図1は、本発明の液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタの構成を示す概略図である。

25

図2は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。

図3は、図1に示すインクジェットヘッドの概略的な断面図である。

図4は、図1に示す1色のインクに対応するヘッドユニット35の構成を示す分

解斜視図である。

図5は、4色インクを用いるヘッドユニットのノズルプレートのノズル配置パターンの一例である。

図6は、図3のIII-III断面の駆動信号入力時の各状態を示す状態図である。

5 図7は、図3の振動板の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。

図8は、図3の振動板の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。

。

図9は、図3のキャビティ内に気泡が混入した場合のノズル付近の概念図である

10 。

図10は、キャビティへの気泡混入によりインク滴が吐出しなくなった状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図11は、図3のノズル付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル付近の概念図である。

15 図12は、ノズル付近のインクの乾燥増粘状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図13は、図3のノズル出口付近に紙粉が付着した場合のノズル付近の概念図である。

図14は、ノズル出口に紙粉が付着した状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

20

図15は、ノズル付近に紙粉が付着した前後におけるノズルの状態を示す写真である。

図16は、図2に示す吐出異常検出手段を概略的に示すとともに、発振回路（発振手段）と駆動回路との切替動作を示すブロック図である。

25 図17は、図3の静電アクチュエータを平行平板コンデンサとした場合の概念図である。

図18は、図3の静電アクチュエータから構成されるコンデンサを含む発振回路の回路図である。

図19は、図16に示す減算カウンタの減算処理のタイミングチャートである。

図20は、インクジェットヘッドのそれぞれの状態における残留振動波形を示す図である。

図21は、減算カウンタの減算結果と、それに基づく判定手段の判定結果の一例を示す図である。

5 図22は、吐出異常の原因と各基準値の出力との関係を示す図である。

図23は、本発明の一実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。

図24は、本発明の他の実施形態における図2に示す吐出異常検出手段の概略的なブロック図である。

10 図25は、カウント期間が正常吐出時の残留振動の半周期の場合における残留振動波形を示す。

図26は、カウント期間が正常吐出時の残留振動の1/4周期の場合における残留振動波形を示す。

15 図27は、図24に示す減算カウンタの減算処理のタイミングチャート（半周期毎）である。

図28は、減算カウンタの減算結果と、それに基づく判定手段の判定結果の一例（半周期毎及び1/4周期毎）を示す図である。

図29は、吐出異常の原因と各基準値の出力との関係（半周期毎及び1/4周期毎）を示す図である。

20 図30は、本発明の他の実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。

図31は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

25 図32は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図33は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図34は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図 1～図 3 4 を参照して本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態は例示として挙げるものであり、これにより本発明の内容を限定的に解釈すべきではない。なお、以下、本実施形態では、本発明の液滴吐出装置の一例として、インク（液状材料）を吐出して記録用紙に画像をプリントするインクジェットプリンタを用いて説明する。

10 <第 1 実施形態>

図 1 は、本発明の第 1 実施形態における液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタ 1 の構成を示す概略図である。なお、以下の説明では、図 1 中、上側を「上部」、下側を「下部」という。まず、このインクジェットプリンタ 1 の構成について説明する。

15 図 1 に示すインクジェットプリンタ 1 は、装置本体 2 を備えており、上部後方に記録用紙 P を設置するトレイ 2 1 と、下部前方に記録用紙 P を排出する排紙口 2 2 と、上部面に操作パネル 7 とが設けられている。

操作パネル 7 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイ、LED ランプ等で構成され、エラーメッセージ等を表示する表示部（図示せず）と、各種スイッチ等で構成される操作部（図示せず）とを備えている。

また、装置本体 2 の内部には、主に、往復動する印字手段（移動体）3 を備える印刷装置（印刷手段）4 と、記録用紙 P を 1 枚ずつ印刷装置 4 に対し供給・排出する給紙装置（給紙手段）5 と、印刷装置 4 及び給紙装置 5 を制御する制御部（制御手段）6 とを有している。

25 制御部 6 の制御により、給紙装置 5 は、記録用紙 P を一枚ずつ間欠送りする。この記録用紙 P は、印字手段 3 の下部近傍を通過する。このとき、印字手段 3 が記録用紙 P の送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用紙 P への印刷が行なわれる。すなわち、印字手段 3 の往復動と記録用紙 P の間欠送りとが、印刷における主走査及び副走査となって、インクジェット方式の印刷が行なわれる。

印刷装置 4 は、印字手段 3 と、印字手段 3 を主走査方向に移動させる駆動源となるキャリッジモータ 4 1 と、キャリッジモータ 4 1 の回転を受けて、印字手段 3 を往復動させる往復動機構 4 2 とを備えている。

5 印字手段 3 は、その下部に、多数のノズル 1 1 0 を備えるインクの種類に対応した複数のヘッドユニット 3 5 と、各ヘッドユニット 3 5 にインクを供給する複数のインクカートリッジ（I/C） 3 1 と、各ヘッドユニット 3 5 及びインクカートリッジ 3 1 を搭載したキャリッジ 3 2 とを有している。

また、ヘッドユニット 3 5 は、図 3 において後述するように、それぞれ一つの、ノズル 1 1 0 と、振動板 1 2 1 と、静電アクチュエータ 1 2 0 と、キャビティ 1 4 1 と、インク供給口 1 4 2 等で構成されたインクジェット式記録ヘッド（インクジェットヘッドあるいは液滴吐出ヘッド） 1 0 0 を多数備えている。なお、ヘッドユニット 3 5 は、図 1 ではインクカートリッジ 3 1 を含んだ構成を示しているが、このような構成に限定されない。例えば、インクカートリッジ 3 1 を別に固定し、チューブなどによってヘッドユニット 3 5 に供給されるようなものでもよい。したがって、以下において、印字手段 3 とは別に、それぞれ一つの、ノズル 1 1 0 と、振動板 1 2 1 と、静電アクチュエータ 1 2 0 と、キャビティ 1 4 1 と、インク供給口 1 4 2 等で構成されたインクジェットヘッド 1 0 0 を複数設けたものをヘッドユニット 3 5 と称するものとする。

20 なお、インクカートリッジ 3 1 として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック（黒）の 4 色のインクを充填したものを用いることにより、フルカラー印刷が可能となる。この場合、印字手段 3 には、各色にそれぞれ対応したヘッドユニット 3 5 が設けられることになる。ここで、図 1 では、4 色のインクに対応した 4 つのインクカートリッジ 3 1 を示しているが、印字手段 3 は、その他の色、例えば、ライトシアン、ライトマゼンダ、ダークイエローなどのインクカートリッジ 3 1 を更に備えるように構成されてもよい。

往復動機構 4 2 は、その両端をフレーム（図示せず）に支持されたキャリッジガイド軸 4 2 2 と、キャリッジガイド軸 4 2 2 と平行に延在するタイミングベルト 4 2 1 とを有している。

キャリッジ 3 2 は、往復動機構 4 2 のキャリッジガイド軸 4 2 2 に往復動自在に

支持されるとともに、タイミングベルト 4 2 1 の一部に固定されている。

5 キャリッジモータ 4 1 の作動により、プーリを介してタイミングベルト 4 2 1 を正逆走行させると、キャリッジガイド軸 4 2 2 に案内されて、印字手段 3 が往復動する。そして、この往復動の際に、印刷されるイメージデータ（印刷データ）に対応して、ヘッドユニット 3 5 内の複数のインクジェットヘッド 1 0 0 のノズル 1 1 0 から適宜インクが吐出され、記録用紙 P への印刷が行われる。

給紙装置 5 は、その駆動源となる給紙モータ 5 1 と、給紙モータ 5 1 の作動により回転する給紙ローラ 5 2 とを有している。

10 給紙ローラ 5 2 は、記録用紙 P の送り経路（記録用紙 P）を挟んで上下に対向する従動ローラ 5 2 a と駆動ローラ 5 2 b とで構成され、駆動ローラ 5 2 b は給紙モータ 5 1 に連結されている。これにより、給紙ローラ 5 2 は、トレイ 2 1 に設置した多数枚の記録用紙 P を、印刷装置 4 に向かって 1 枚ずつ送り込めるようになっている。なお、トレイ 2 1 に代えて、記録用紙 P を収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成であってもよい。

15 制御部 6 は、例えば、パーソナルコンピュータ（P C）やデジタルカメラ（D C）等のホストコンピュータ 8 から入力された印刷データに基づいて、印刷装置 4 や給紙装置 5 等を制御することにより記録用紙 P に印刷処理を行うものである。また、制御部 6 は、操作パネル 7 の表示部にエラーメッセージ等を表示させ、あるいは L E D ランプ等を点灯／点滅させるとともに、操作部から入力された各種スイッチの押下信号に基づいて、対応する処理を各部に実行させるものである。

20 図 2 は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。この図 2 において、本発明のインクジェットプリンタ 1 は、ホストコンピュータ 8 から入力された印刷データなどを受け取るインターフェース部（I F : I n t e r f a c e）9 と、制御部 6 と、キャリッジモータ 4 1 と、キャリッジモータ 4 1 を駆動制御するキャリッジモータドライバ 4 3 と、給紙モータ 5 1 と、給紙モータ 5 1 を駆動制御する給紙モータドライバ 5 3 と、ヘッドユニット 3 5 と、ヘッドユニット 3 5 を駆動制御するヘッドドライバ 3 3 と、吐出異常検出手段 1 0 とを備える。なお、吐出異常検出手段 1 0 については、詳細を後述する。

この図 2 において、制御部 6 は、印刷処理や吐出異常検出処理などの各種処理を

実行するCPU (Central Processing Unit) 61と、ホストコンピュータ8からIF9を介して入力される印刷データを図示しないデータ格納領域に格納する不揮発性半導体メモリの一種であるEEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) (記憶手段) 62と、後述する吐出異常検出処理などを実行する際に各種データを一時的に格納し、あるいは印刷処理などのアプリケーションプログラムを一時的に展開するRAM (Random Access Memory) 63と、各部を制御する制御プログラム等を格納する不揮発性半導体メモリの一種であるPROM 64とを備えている。なお、制御部6の各構成要素は、図示しないバスを介して電氣的に接続されている。

- 10 上述のように、印字手段3は、各色のインクに対応した複数のヘッドユニット35から構成され、この各ヘッドユニット35は、複数のノズル110と、これらの各ノズル110に対応する静電アクチュエータ120と(複数のインクジェットヘッド100)を備える。すなわち、ヘッドユニット35は、1組のノズル110及び静電アクチュエータ120を有してなるインクジェットヘッド(液滴吐出ヘッド)
- 15) 100を複数個備えた構成になっている。そして、ヘッドドライバ33は、各インクジェットヘッド100の静電アクチュエータ120を駆動して、インクの吐出タイミングを制御する駆動回路18と、切替手段2.3とから構成される(図16参照)。なお、インクジェットヘッド100及び静電アクチュエータ120の構成については後述する。

- 20 また、制御部6には、図示しないが、例えば、インクカートリッジ31のインク残量、印字手段3の位置、温度、湿度等の印刷環境等を検出可能な各種センサが、それぞれ電氣的に接続されている。

- 制御部6は、IF9を介して、ホストコンピュータ8から印刷データを入手すると、その印刷データをEEPROM 62に格納する。そして、CPU 61は、この
- 25 印刷データに所定の処理を実行して、この処理データ及び各種センサからの入力データに基づいて、各ドライバ33、43、53に駆動信号を出力する。各ドライバ33、43、53を介してこれらの駆動信号が入力されると、ヘッドユニット35の複数のインクジェットヘッド100に対応する静電アクチュエータ120、印刷装置4のキャリッジモータ41及び給紙装置5がそれぞれ作動する。これにより、

記録用紙Pに印刷処理が実行される。

次に、各ヘッドユニット35内の各インクジェットヘッド100の構造を説明する。図3は、図2に示すヘッドユニット35内の1つのインクジェットヘッド100の概略的な断面図（インクカートリッジ31などの共通部分を含む）であり、図4は、1色のインクに対応するヘッドユニット35の概略的な構成を示す分解斜視図であり、図5は、図3に示すインクジェットヘッド100を複数適用したヘッドユニット35のノズル面の一例を示す平面図である。なお、図3及び図4は、通常使用される状態とは上下逆に示されており、図5は、図3に示すインクジェットヘッド100を図中上方から見たときの平面図である。

- 10 図3に示すように、ヘッドユニット35は、インク取り入れ口131、ダンパ室130及びインク供給チューブ311を介して、インクカートリッジ31に接続されている。ここで、ダンパ室130は、ゴムからなるダンパ132を備えている。このダンパ室130により、キャリッジ32が往復走行する際のインクの揺れ及びインク圧の変化を吸収することができ、これにより、ヘッドユニット35の各インクジェットヘッド100に所定量のインクを安定的に供給することができる。

- また、ヘッドユニット35は、シリコン基板140を挟んで、上側に同じくシリコン製のノズルプレート150と、下側にシリコンと熱膨張率が近いホウ珪酸ガラス基板（ガラス基板）160とがそれぞれ積層された3層構造をなしている。中央のシリコン基板140には、独立した複数のキャビティ（圧力室）141（図4では、7つのキャビティを示す）と、1つのリザーバ（共通インク室）143と、このリザーバ143を各キャビティ141に連通させるインク供給口（オリフィス）142としてそれぞれ機能する溝が形成されている。各溝は、例えば、シリコン基板140の表面からエッチング処理を施すことにより形成することができる。このノズルプレート150と、シリコン基板140と、ガラス基板160とがこの順序で接合され、各キャビティ141、リザーバ143、各インク供給口142が区画形成されている。

これらのキャビティ141は、それぞれ短冊状（直方体状）に形成されており、後述する振動板121の振動（変位）によりその容積が可変であり、この容積変化によりノズル（インクノズル）110からインク（液状材料）を吐出するよう構成

されている。ノズルプレート150には、各キャビティ141の先端側の部分に対応する位置に、ノズル110が形成されており、これらが各キャビティ141に連通している。また、リザーバ143が位置しているガラス基板160の部分には、リザーバ143に連通するインク取入れ口131が形成されている。インクは、インクカートリッジ31からインク供給チューブ311、ダンパ室130を経てインク取入れ口131を通り、リザーバ143に供給される。リザーバ143に供給されたインクは、各インク供給口142を通して、独立した各キャビティ141に供給される。なお、各キャビティ141は、ノズルプレート150と、側壁（隔壁）144と、底壁121とによって、区画形成されている。

- 10 独立した各キャビティ141は、その底壁121が薄肉に形成されており、底壁121は、その面外方向（厚さ方向）、すなわち、図3において上下方向に弾性変形（弾性変位）可能な振動板（ダイヤフラム）として機能するように構成されている。したがって、この底壁121の部分を、以後の説明の都合上、振動板121と称して説明することもある（すなわち、以下、「底壁」と「振動板」のいずれにも
- 15 符号121を用いる）。

ガラス基板160のシリコン基板140側の表面には、シリコン基板140の各キャビティ141に対応した位置に、それぞれ、浅い凹部161が形成されている。したがって、各キャビティ141の底壁121は、凹部161が形成されたガラス基板160の対向壁162の表面に、所定の間隙を介して対峙している。すなわち、キャビティ141の底壁121と後述するセグメント電極122の間には、所定の厚さ（例えば、0.2ミクロン程度）の空隙が存在する。なお、前記凹部161は、例えば、エッチングなどで形成することができる。

- ここで、各キャビティ141の底壁（振動板）121は、ヘッドドライバ33から供給される駆動信号によってそれぞれ電荷を蓄えるための各キャビティ141側の共通電極124の一部を構成している。すなわち、各キャビティ141の振動板121は、それぞれ、後述する対応する静電アクチュエータ120の対向電極（コンデンサの対向電極）の一方を兼ねている。そして、ガラス基板160の凹部161の表面には、各キャビティ141の底壁121に対峙するように、それぞれ、共通電極124に対向する電極であるセグメント電極122が形成されている。また
- 25

、図3に示すように、各キャビティ141の底壁121の表面は、シリコンの酸化膜(SiO_2)からなる絶縁層123により覆われている。このように、各キャビティ141の底壁121、すなわち、振動板121と、それに対応する各セグメント電極122とは、キャビティ141の底壁121の図3中下側の表面に形成された絶縁層123と凹部161内の空隙とを介し、対向電極（コンデンサの対向電極）を形成（構成）している。したがって、振動板121と、セグメント電極122と、これらの間の絶縁層123及び空隙とにより、静電アクチュエータ120の主要部が構成される。

図3に示すように、これらの対向電極の間に駆動電圧を印加するための駆動回路18を含むヘッドドライバ33は、制御部6から入力される印字信号（印字データ）に応じて、これらの対向電極間の充放電を行う。ヘッドドライバ（電圧印加手段）33の一方の出力端子は、個々のセグメント電極122に接続され、他方の出力端子は、シリコン基板140に形成された共通電極124の入力端子124aに接続されている。なお、シリコン基板140には不純物が注入されており、それ自体が導電性をもつために、この共通電極124の入力端子124aから底壁121の共通電極124に電圧を供給することができる。また、例えば、シリコン基板140の一方の面に金や銅などの導電性材料の薄膜を形成してもよい。これにより、低い電気抵抗で（効率良く）共通電極124に電圧（電荷）を供給することができる。この薄膜は、例えば、蒸着あるいはスパッタリング等によって形成すればよい。

ここで、本実施形態では、例えば、シリコン基板140とガラス基板160とを陽極接合によって結合（接合）させるので、その陽極結合において電極として用いる導電膜をシリコン基板140の流路形成面側（図3に示すシリコン基板140の上部側）に形成している。そして、この導電膜をそのまま共通電極124の入力端子124aとして用いる。なお、本発明では、例えば、共通電極124の入力端子124aを省略してもよく、また、シリコン基板140とガラス基板160との接合方法は、陽極接合に限定されない。

図4に示すように、ヘッドユニット35は、複数のインクジェットヘッド100に対応する複数のノズル110が形成されたノズルプレート150と、複数のキャビティ141、複数のインク供給口142、1つのリザーバ143が形成されたシ

リコン基板（インク室基板）140と、絶縁層123とを備え、これらがガラス基板160を含む基体170に収納されている。基体170は、例えば、各種樹脂材料、各種金属材料等で構成されており、この基体170にシリコン基板140が固定、支持されている。

- 5 なお、ノズルプレート150に形成された複数のノズル110は、図4では簡潔に示すためにリザーバ143に対して略並行に直線的に配列されているが、ノズル110の配列パターンはこの構成に限らず、通常は、例えば、図5に示すノズル配置パターンのように、段をずらして配置される。また、このノズル110間のピッチは、印刷解像度（dpi：dot per inch）に応じて適宜設定され得るものである。
- 10 。なお、図5では、4色のインク（インクカートリッジ31）を適用した場合におけるノズル110の配置パターンを示している。

図6は、図3のIII-III断面の駆動信号入力時の各状態を示す。ヘッドドライバ33から対向電極間に駆動電圧が印加されると、対向電極間にクーロン力が発生し、底壁（振動板）121は、初期状態（図6（a））に対して、セグメント電極122側へ撓み、キャビティ141の容積が拡大する（図6（b））。この状態において、ヘッドドライバ33の制御により、対向電極間の電荷を急激に放電させると、振動板121は、その弾性復元力によって図中上方に復元し、初期状態における振動板121の位置を越えて上部に移動し、キャビティ141の容積が急激に収縮する（図6（c））。このときキャビティ141内に発生する圧縮圧力により、

15 キャビティ141を満たすインク（液状材料）の一部が、このキャビティ141に連

20 通しているノズル110からインク滴として吐出される。

各キャビティ141の振動板121は、この一連の動作（ヘッドドライバ33の駆動信号によるインク吐出動作）により、次の駆動信号（駆動電圧）が入力されて再びインク滴を吐出するまでの間、減衰振動をしている。以下、この減衰振動を残留振動とも称する。振動板121の残留振動は、ノズル110やインク供給口142の形状、あるいはインク粘度等による音響抵抗 r と、流路内のインク重量によるイナータンス m と、振動板121のコンプライアンス C_m とによって決定される固有振動周波数を有するものと想定される。

上記想定に基づく振動板121の残留振動の計算モデルについて説明する。図7

は、振動板 1 2 1 の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。
 このように、振動板 1 2 1 の残留振動の計算モデルは、音圧 P と、上述のイナータ
 ンス m、コンプライアンス C_m 及び音響抵抗 r とで表せる。そして、図 7 の回路に
 音圧 P を与えた時のステップ応答を体積速度 u について計算すると、次式が得られ
 る。

【数 1】

$$u = \frac{P}{\omega \cdot m} e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot C_m} - \alpha^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{r}{2m} \quad (3)$$

この式から得られた計算結果と、別途行ったインク滴の吐出後の振動板 1 2 1 の
 残留振動の実験における実験結果とを比較する。図 8 は、振動板 1 2 1 の残留振動
 の実験値と計算値との関係を示すグラフである。この図 8 に示すグラフからも分か
 るように、実験値と計算値の 2 つの波形は、概ね一致している。

さて、ヘッドユニット 3 5 の各インクジェットヘッド 1 0 0 では、前述したよう
 な吐出動作を行ったにもかかわらずノズル 1 1 0 からインク滴が正常に吐出されな
 い現象、すなわち液滴の吐出異常が発生する場合がある。この吐出異常が発生する
 原因としては、後述するように、①キャビティ 1 4 1 内への気泡の混入、②ノズル
 1 1 0 付近でのインクの乾燥・増粘（固着）、③ノズル 1 1 0 出口付近への紙粉付
 着、等が挙げられる。

この吐出異常が発生すると、その結果としては、典型的にはノズル 1 1 0 から液
 滴が吐出されないこと、すなわち液滴の不吐出現象が現れ、その場合、記録用紙 P
 に印刷（描画）した画像における画素のドット抜けを生じる。また、吐出異常の場
 合には、ノズル 1 1 0 から液滴が吐出されたとしても、液滴の量が過少であったり
 、その液滴の飛行方向（弾道）がずれたりして適正に着弾しないので、やはり画素
 のドット抜けとなって現れる。このようなことから、以下の説明では、液滴の吐出

異常のことを単に「ドット抜け」という場合もある。

以下において、図8に示す比較結果に基づいて、インクジェットヘッド100のノズル110に発生する印刷処理時のドット抜け（吐出異常）現象（液滴不吐出現象）の原因別に、振動板121の残留振動の計算値と実験値がマッチ（概ね一致）

- 5 するように、音響抵抗 r 及び／又はイナータンス m の値を調整する。なお、ここでは、気泡混入、乾燥増粘及び紙粉付着の3種類について検討する。

- まず、ドット抜けの1つの原因であるキャビティ141内への気泡の混入について検討する。図9は、図3のキャビティ141内に気泡Bが混入した場合のノズル110付近の概念図である。この図9に示すように、発生した気泡Bは、キャビティ141の壁面に発生付着しているものと想定される（図9では、気泡Bの付着位置の一例として、気泡Bがノズル110付近に付着している場合を示す）。
- 10

- このように、キャビティ141内に気泡Bが混入した場合には、キャビティ141内を満たすインクの総重量が減り、イナータンス m が低下するものと考えられる。また、気泡Bは、キャビティ141の壁面に付着しているので、その径の大きさだけノズル110の径が大きくなったような状態となり、音響抵抗 r が低下するものと考えられる。
- 15

- したがって、インクが正常に吐出された図8の場合に対して、音響抵抗 r 、イナータンス m を共に小さく設定して、気泡混入時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図10のような結果（グラフ）が得られた。図8及び図10のグラフから分かるように、キャビティ141内に気泡が混入した場合には、正常吐出時に比べて周波数が高くなる特徴的な残留振動波形が得られる。なお、音響抵抗 r の低下などにより、残留振動の振幅の減衰率も小さくなり、残留振動は、その振幅をゆっくりと下げていることも確認することができる。
- 20

- 次に、ドット抜けのもう1つの原因であるノズル110付近でのインクの乾燥（固着、増粘）について検討する。図11は、図3のノズル110付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル110付近の概念図である。この図11に示すように、ノズル110付近のインクが乾燥して固着した場合、キャビティ141内のインクは、キャビティ141内に閉じこめられたような状況となる。このように、ノズル110付近のインクが乾燥、増粘した場合には、音響抵抗 r が増加するものと
- 25

考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図8の場合に対して、音響抵抗 r を大きく設定して、ノズル110付近のインク乾燥固着（増粘）時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図12のような結果（グラフ）が得られた。なお、図12に示す実験値は、数日間図示しないキャップを装着しない状態でヘッドユニット35を放置し、キャビティ141内のノズル110付近のインクが乾燥、増粘したことによりインクを吐出することができなくなった（インクが固着した）状態における振動板121の残留振動を測定したものである。図8及び図12のグラフから分かるように、ノズル110付近のインクが乾燥により固着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が極めて低くなるとともに、残留振動が過減衰となる特徴的な残留振動波形が得られる。これは、インク滴を吐出するために振動板121が図3中下方に引き寄せられることによって、キャビティ141内にリザーバ143からインクが流入した後に、振動板121が図3中上方に移動するときに、キャビティ141内のインクの逃げ道がないために、振動板121が急激に振動できなくなるため（過減衰となるため）である。

次に、ドット抜けのさらにもう1つの原因であるノズル110出口付近への紙粉付着について検討する。図13は、図3のノズル110出口付近に紙粉が付着した場合のノズル110付近の概念図である。この図13に示すように、ノズル110の出口付近に紙粉が付着した場合、キャビティ141内から紙粉を介してインクが染み出してしまうとともに、ノズル110からインクを吐出することができなくなる。このように、ノズル110の出口付近に紙粉が付着し、ノズル110からインクが染み出している場合には、振動板121からみてキャビティ141内及び染み出し分のインクが正常時よりも増えることにより、イナータンス m が増加するものと考えられる。また、ノズル110の出口付近に付着した紙粉の繊維によって音響抵抗 r が増大するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図8の場合に対して、イナータンス m 、音響抵抗 r を共に大きく設定して、ノズル110の出口付近への紙粉付着時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図14のような結果（グラフ）が得られた。図8及び図14のグラフから分かるように、ノズル110の出口付近に紙粉

が付着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が低くなる特徴的な残留振動波形が得られる（ここで、紙粉付着の場合、インクの乾燥の場合よりは、残留振動の周波数が高いことも、図 1 2 及び図 1 4 のグラフから分かる。）。なお、図 1 5 は、この紙粉付着前後におけるノズル 1 1 0 の状態を示す写真である。ノズル 1 1 0 の

5 出口付近に紙粉が付着すると、紙粉に沿ってインクがにじみ出している状態を、図 1 5 (b) から見出すことができる。

ここで、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥して増粘した場合と、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着した場合とでは、いずれも正常にインク滴が吐出された場合に比べて減衰振動の周波数が低くなっている。これら 2 つのドット抜け（インク不

10 吐出：吐出異常）の原因を振動板 1 2 1 の残留振動の波形から特定するために、例えば、減衰振動の周波数や周期、位相において所定のしきい値を持って比較するか、あるいは、残留振動（減衰振動）の周期変化や振幅変化の減衰率から特定することができる。このようにして、各インクジェットヘッド 1 0 0 におけるノズル 1 1

15 0 からのインク滴が吐出されたときの振動板 1 2 1 の残留振動の変化、特に、その周波数の変化によって、各インクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常を検出することができる。また、その場合の残留振動の周波数を正常吐出時の残留振動の周波数と比較することにより、吐出異常の原因を特定することもできる。

次に、本発明の一実施形態における吐出異常検出手段 1 0 について説明する。ここでは、正常吐出時に振動板 1 2 1 の減衰振動が発生するまでの期間に基づいて、

20 吐出異常を検出する場合について説明する。図 1 6 は、本発明の一実施形態における図 2 に示す吐出異常検出手段 1 0 を概略的に示すとともに、発振回路（発振手段） 1 1 と駆動回路 1 8 との切替動作を示すブロック図である。この図 1 6 に示すように、本発明の吐出異常検出手段 1 0 は、発振手段 1 1 と、減算カウンタ 4 5 と、正常カウント値メモリ 4 6 と、比較基準値メモリ 4 7 と、判定手段 2 0 とから構成

25 される。なお、判定手段 2 0 の判定結果は、所定のタイミング（L s 信号の入力のタイミング）で記憶手段 6 2 に記憶される。以下、図 1 6 に示す各構成要素を説明する。

発振手段（発振回路） 1 1 は、静電アクチュエータ 1 2 0 の振動板 1 2 1 の残留振動に基づいて発振する発振回路であり、その発振信号（パルス信号）を減算カウ

ンタ 4 5 に出力するものである。まず、発振手段 1 1 の動作について説明する。図 1 7 は、図 3 の静電アクチュエータ 1 2 0 を平行平板コンデンサとした場合の概念図であり、図 1 8 は、図 3 の静電アクチュエータ 1 2 0 から構成されるコンデンサを含む発振回路 1 1 の回路図である。なお、図 1 8 に示す発振回路 1 1 は、シュミットトリガのヒステリシス特性を利用する C R 発振回路であるが、本発明はこのよう
5 　　な C R 発振回路に限定されず、アクチュエータ（振動板を含む）の静電容量成分（コンデンサ C）を用いる発振回路であればどのような発振回路でもよい。発振回路 1 1 は、例えば、L C 発振回路を利用した構成としてもよい。また、本実施形態では、シュミットトリガインバータ 1 1 1 を用いた例を示して説明しているが、例
10 　　えば、インバータを 3 段用いた C R 発振回路を構成してもよい。

図 3 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 では、上述のように、振動板 1 2 1 と非常にわずかな間隔（空隙）を隔てたセグメント電極 1 2 2 とが対向電極を形成する静電アクチュエータ 1 2 0 を構成している。この静電アクチュエータ 1 2 0 は、図 1 7 に示すような平行平板コンデンサと考えることができる。このコンデンサの静
15 　　電容量を C、振動板 1 2 1 及びセグメント電極 1 2 2 のそれぞれの表面積を S、2 つの電極 1 2 1、1 2 2 の距離（ギャップ長）を g、両電極に挟まれた空間（空隙）の誘電率を ϵ （真空の誘電率を ϵ_0 、空隙の比誘電率を ϵ_r とすると、 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ ）とすると、図 1 7 に示すコンデンサ（静電アクチュエータ 1 2 0）の静電容量 C（x）は、次式で表される。

20 　　【数 2】

$$C(x) = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{S}{g - x} \quad (F) \quad (4)$$

なお、式（4）の x は、図 1 7 に示すように、振動板 1 2 1 の残留振動によって生じる振動板 1 2 1 の基準位置からの変位量を示している。

この式（4）から分かるように、ギャップ長 g（ギャップ長 g－変位量 x）が小さくなれば、静電容量 C（x）は大きくなり、逆にギャップ長 g（ギャップ長 g－
25 　　変位量 x）が大きくなれば、静電容量 C（x）は小さくなる。このように、静電容

量 $C(x)$ は、(ギャップ長 g －変位量 x) (x が0の場合は、ギャップ長 g)に反比例している。なお、図3に示す静電アクチュエータ120では、空隙は空気で満たされているので、比誘電率 $\epsilon_r = 1$ である。

また、一般に、液滴吐出装置（本実施形態では、インクジェットプリンタ1）の
5 解像度が高まるにつれて、吐出されるインク滴（インクドット）が微小化されるので、この静電アクチュエータ120は、高密度化、小型化される。それによって、インクジェットヘッド100の振動板121の表面積 S が小さくなり、小さな静電アクチュエータ120が構成される。さらに、インク滴吐出による残留振動によって変化する静電アクチュエータ120のギャップ長 g は、初期ギャップ g_0 の1割
10 程度となるため、式(4)から分かるように、静電アクチュエータ120の静電容量の変化量は非常に小さな値となる。

この静電アクチュエータ120の静電容量の変化量（残留振動の振動パターンにより異なる）を検出するために、以下のような方法、すなわち、静電アクチュエータ120の静電容量に基づいた図18のような発振回路を構成し、発振された信号
15 に基づいて残留振動の周波数（周期）を解析する方法を用いる。図18に示す発振回路11は、静電アクチュエータ120から構成されるコンデンサ(C)と、シュミットトリガインバータ111と、抵抗素子(R)112とから構成される。

シュミットトリガインバータ111の出力信号がHighレベルの場合、抵抗素子112を介してコンデンサ C を充電する。コンデンサ C の充電電圧（振動板12
20 1とセグメント電極122との間の電位差）が、シュミットトリガインバータ111の入スレッシュホールド電圧 V_{T+} に達すると、シュミットトリガインバータ111の出力信号がLowレベルに反転する。そして、シュミットトリガインバータ111の出力信号がLowレベルとなると、抵抗素子112を介してコンデンサ C に充電されていた電荷が放電される。この放電によりコンデンサ C の電圧がシュミ
25 ットリガインバータ111の入スレッシュホールド電圧 V_{T-} に達すると、シュミットトリガインバータ111の出力信号が再びHighレベルに反転する。以降、この発振動作が繰り返される。

ここで、上述のそれぞれの現象（気泡混入、乾燥、紙粉付着、及び正常吐出）におけるコンデンサ C の静電容量の時間変化を検出するためには、この発振回路11

による発振周波数は、残留振動の周波数が最も高い気泡混入時（図１０参照）の周波数を検出することができる発振周波数に設定される必要がある。そのため、発振回路１１の発振周波数は、例えば、検出する残留振動の周波数の数倍から数十倍以上、すなわち、気泡混入時の周波数よりおよそ１桁以上高い周波数となるようにしなければならない。この場合、好ましくは、気泡混入時の残留振動の周波数が正常吐出の場合と比較して高い周波数を示すため、気泡混入時の残留振動周波数が検知可能な発振周波数に設定するとよい。そうしなければ、吐出異常の現象に対して正確な残留振動の周波数を検出することができない。そのため、本実施形態では、発振周波数に応じて、発振回路１１のＣＲの時定数を設定している。このように、発振回路１１の発振周波数を高く設定することにより、この発振周波数の微小変化に基づいて、より正確な残留振動波形を検出することができる。

駆動回路１８は、後述する図１９のタイミングチャートにおいて示すように、静電アクチュエータ１２０の駆動波形を生成する回路である。なお、図示していないが、この駆動回路１８は、複数あるインクジェットヘッド１００のいずれのインクジェットヘッド１００のノズル１１０からインク滴を吐出するかを選択する吐出選択手段（セレクト）を備えている。

切替手段２３は、静電アクチュエータ１２０との接続を、駆動回路１８と発振回路１１とで切り替えるスイッチ（スイッチング回路）である。切替手段２３は、静電アクチュエータ１２０を駆動するために、駆動回路１８側に接続されている。上述のように、駆動回路１８から駆動信号（電圧信号）が振動板１２１に入力されると、静電アクチュエータ１２０が駆動し、振動板１２１は、セグメント電極１２２側に引きつけられ、印加電圧が０になるとセグメント電極１２２から離れる方向に急激に変位して振動（残留振動）を開始する。このとき、インクジェットヘッド１００のノズル１１０からインク滴が吐出される。

駆動信号のパルスが立ち下がると、その立ち下がりエッジに同期して駆動／検出切替信号（図１９のタイミングチャート参照）が切替手段２３に入力され、切替手段２３は、駆動回路１８から吐出異常検出手段（検出回路）１０側に切り替えられ、静電アクチュエータ１２０（発振回路１１のコンデンサとして利用）は吐出異常検出手段１０と接続される。これにより、発振回路１１が発振し、その発振信号が

減算カウンタ 4 5 に出力される。

減算カウンタ 4 5 は、正常カウント値メモリ 4 6 から所定のカウント値を入力されると、それを保持する。そして、発振回路 1 1 から発振信号（パルス信号）が入力されると、減算カウンタ 4 5 は、所定の期間（所定の時間）、その所定のカウン
5 ト値からパルス数を減算する。なお、所定の期間とは、例えば、インクジェットヘッド 1 0 0 から正常にインク滴が吐出された場合に振動板 1 2 1 の残留振動が発生するまでの時間、正常吐出時の残留振動の半周期、正常吐出時の残留振動の $1/4$ 周期などである。また、正常カウント値メモリ 4 6 に記憶されている所定のカウン
10 ト値としては、正常吐出時における上述の所定の時間にカウントされたパルス数である。

減算カウンタ 4 5 は、図 1 9 のタイミングチャートに示すように、L o a d 信号の入力のタイミングで正常カウント値メモリ 4 6 から所定のカウント値（正常カ
15 ント値）を取得し、駆動／検出切替信号が H i g h レベルの間、ゲートを開いて、発振回路 1 1 の出力信号である発振パルスを受け、正常カウント値から減算する。

判定手段 2 0 は、減算カウンタ 4 5 の減算処理により得られた減算結果を比較基準値メモリ 4 7 から入力される所定の基準値と比較する。そして、L s 信号の入
20 のタイミングで、判定手段 2 0 の判定結果が保持され、その判定結果は、記憶手段 6 2 に出力される。なお、所定の基準値としては、いくつかの基準値（閾値）が設けられ、判定結果をこのいくつかの基準値とそれぞれ比較することにより、上述した吐出異常（気泡混入、紙粉付着及び乾燥増粘）を検出し、判定することができる。詳細については後述する。

なお、正常カウントとメモリ 4 6 及び比較基準値メモリ 4 7 は、それぞれ別々のメモリとしてインクジェットプリンタ 1 に設けられてもよく、制御部 6 の E E P R
25 OM（記憶手段）6 2 と共用されてもよい。また、このような減算カウント処理は、インクジェットプリンタ 1 の静電アクチュエータ 1 2 0 が駆動していない駆動休止期間に行われる。これにより、インクジェットプリンタ 1 のスループットを低下させることなく、吐出異常の検出を行うことができる。

次に、図 1 9 のタイミングチャートを参照して、本発明の吐出異常検出手段 1 0 の動作について説明する。まず、図 1 6 及び図 1 9 に示す L o a d 信号、L s 信号

及びCLR信号の生成方法について説明する。図19のタイミングチャートに示すように、Load信号は、駆動回路18から出力される駆動信号の立ち上がりエッジの直前に短時間だけHighレベルとなる信号であり、Ls信号は、切替手段23に入力される駆動/検出切替信号の立ち下がりエッジに同期して所定の時間（記憶手段62に判定結果を保存するのに十分な時間）Highレベルになる信号である。また、図19のタイミングチャートでは示していないが、CLR信号は、減算処理により減算カウンタ45に保持されている減算結果をクリアするための信号であり、Ls信号の出力後、Load信号の入力されるまでの間の所定のタイミングで減算カウンタ45に入力されるものである。

10 このように生成された信号群に基づいて、吐出異常検出手段10は動作する。駆動回路18から出力される駆動信号の立ち上がりエッジの直前にLoad信号が減算カウンタ45に入力されると、そのタイミングで正常カウント値メモリ46から正常カウント値が入力され、保持される。なお、Load信号の入力タイミングは、上記タイミングに限定されるものではなく、Ls信号入力後から駆動期間が終了するまでのいずれのタイミングであってもよい。インクジェットヘッド100の吐出駆動動作が終了すると、駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、駆動/検出切替信号が切替手段23に入力される。そして、この駆動/検出切替信号により、切替手段23は、静電アクチュエータ120との接続を駆動回路18から発振回路11に切り替える。

20 振動板121の残留振動により発振回路11の静電容量成分(C)が変化し、それに基づいて、発振回路11が発振を開始する。減算カウンタ45は、駆動/検出切替信号の立ち上がりに同期してゲートを開き、駆動/検出切替信号がHighレベルの間(Tsの間)正常カウント値からパルス数を減算処理する。このTsは、正常吐出時の振動板121が残留振動を開始するまで（残留振動が発生するまで）の時間であり、インクジェットヘッド100がインク滴を吐出後、静電アクチュエータ120が駆動されていない状態における振動板121の位置に戻ってくるまでの時間である。

25 この図19のタイミングチャートでは、駆動回路18と吐出異常検出手段10とを切り替えた後、振動板の残留振動が発生するまでの期間の正常カウント値に基づ

いて、吐出異常の判定を行っている。したがって、残留振動が発生するタイミング（振動板 1 2 1 が初期状態の位置に戻ったタイミング）で駆動／検出切替信号が Low レベルに立ち下がるとともに、L s 信号が発生し、減算カウンタ 4 5 の減算結果に基づいて、判定手段 2 0 が所定の判定を行った判定結果が記憶手段 6 2 に保持（保存）される。なお、基準値 N 1、N 2、P 1 及び P 2 については後述する。

図 2 0 は、駆動信号が印加された後、切替手段 2 3 によって静電アクチュエータ 1 2 0 と発振回路 1 1 が接続され、発振回路 1 1 から出力される発振周波数の変化を縦軸に、その経過時間を横軸に設けることにより、発振周波数の時間推移を示した図である。この発振周波数の時間推移による変化は、インクジェットヘッドのそれぞれの状態における残留振動波形を示すことになる。この図 2 0 に示すように、正常吐出時に比べ、気泡混入時には残留振動の周期が短くなり、紙粉付着又は乾燥増粘時には残留振動の周期が長くなる結果が得られている。ここで、駆動信号の印加後、発振回路 1 1 の発振周波数は、各残留振動の状態によって変化している。正常吐出時において、静電アクチュエータ 1 2 0 が駆動されていない状態（初期状態）における振動板 1 2 1 の位置（初期位置）に振動板 1 2 1 が戻ってくるまでの時間 T s までの状態を比較すると、気泡混入の場合には、残留振動波形が T s になるまでに立ち上がり、発振回路 1 1 の発振周波数が主に正常吐出時よりも高い発振パルスが出力されている。これに対して、乾燥（増粘）の場合には、残留振動波形が T s になるまで立ち上がらないため、発振回路 1 1 の発振周波数が主に正常吐出時よりも低い発振パルスが出力されていることを意味する。したがって、この残留振動の周期の違い、すなわち、残留振動の周波数の違いに応じて、発振回路 1 1 の発振パルスの数が変化するため、減算カウンタ 4 5 の減算結果に基づいて、判定手段 2 0 による吐出異常判定処理を行うことができる。

次に、減算カウンタ 4 5 の減算結果の一例を示す。図 2 1 は、減算カウンタ 4 5 の減算結果と、それに基づく判定手段 2 0 の判定結果の一例を示すグラフである。上述のように、残留振動の周期は、正常吐出時の場合と比べ、気泡混入時には短く、乾燥増粘又は紙粉付着時には長い。したがって、比較基準値メモリ 4 7 に記憶しておく基準値として、少なくとも 2 つの基準値を設定しておくことにより、正常吐出時と吐出異常時を区別することができる（この場合は、基準値 N 1 と P 1 のみを

設定)。しかしながら、より好ましくは、3又は4つの基準値を設け、減算処理された減算結果がこれらの基準値よりも大きいか否かに基づいて、上記3種類の吐出異常の状態を判定することができる。

- 図21のグラフでは、減算結果に対する基準値として、基準値P2、P1、N1及びN2の4つを設定している。第1の閾値として基準値N1及び基準値N2を設定し、判定手段20は、減算結果がこの第1の閾値よりも小さい場合には、吐出異常の原因を気泡混入と判定する。なお、基準値N1以下でかつ基準値N2以上の減算結果が出た場合は、微小な気泡が混入していると判断し、基準値N2よりも小さい場合には、大量の気泡が混入していると判断することができる。この場合、気泡混入の大小に基づいて、例えば、ポンプ吸引時間を変更し、あるいは、ポンプ吸引圧を変更することにより、適切な回復処理を実行することができる。このような判断を特に必要としない場合は、基準値N1だけにより気泡混入を判断してもよい。第2の閾値として基準値P2を設定し、判定手段20は、減算結果がこの第2の閾値よりも大きい場合には、吐出異常の原因を乾燥増粘と判定する。また、第3の閾値として基準値P1を設定し、判定手段20は、減算結果が第3の閾値よりも大きく、第2の閾値よりも小さい場合には、吐出異常の原因を紙粉付着と判定する。

- なお、これらの基準値として、図21では、 $P1 = +3$ 、 $P2 = +10$ 、 $N1 = -3$ 、 $P2 = -10$ としている。判定手段20から出力される判定結果としては、減算結果の絶対値が各基準値を超えた場合に“1”を出力するものとする。吐出異常の原因と各基準値の出力との関係を図22に示す。判定手段20は、各基準値の値により、吐出異常の有無及びその原因を判定することができる。

- また、これらの基準値は、予め実験により求めておく方がよい。なぜならば、インクジェットヘッド100からインク滴を吐出したときの振動板121の残留振動の周期は、インクジェットヘッド100の構造、すなわち、キャビティ141の構造などにより決定されるからである。

次に、振動板121の減衰振動が発生するまでの期間に基づいて、吐出異常を検出する場合における吐出異常検出処理を説明する。図23は、本発明の一実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。印刷される印字データ（フラッシング動作における吐出データでもよい）がホストコンピュータ8からイン

ターフェース（ＩＦ）９を介して制御部６に入力されると、所定のタイミングでこの吐出異常検出処理が実行される。なお、説明の都合上、この図２４に示すフローチャートでは、１つのインクジェットヘッド１００、すなわち、１つのノズル１１０の吐出動作に対応する吐出異常検出処理を示す。

- 5 まず、駆動信号の入力直前のタイミング（このタイミングに限らない）でＬｏａ
d信号が減算カウンタ４５に入力され、正常カウント値メモリ４６から正常カウン
ト値が入力（プリセット）される（ステップＳ１０１）。そして、印字データ（吐
出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ３３の駆動回路１８から入力され
、それにより、図１９のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに
10 基づいて、静電アクチュエータ１２０の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加さ
れる（ステップＳ１０２）。そして、制御部６は、駆動信号（電圧信号）の静電ア
クチュエータ１２０への入力終了したか否かを判断し（ステップＳ１０３）、駆
動信号の入力が終了すると、駆動／検出切替信号が、制御部６から切替手段２３に
入力される。
- 15 駆動／検出切替信号が切替手段２３に入力されると、切替手段２３によって、静
電アクチュエータ１２０、すなわち、発振回路１１を構成するコンデンサは、駆動
回路１８から切り離され、吐出異常検出手段１０（検出回路）側、すなわち、発振
回路１１に接続される（ステップＳ１０４）。そして、静電アクチュエータ１２０
の静電容量に基づいて、発振回路１１を構成し（ステップＳ１０５）、発振回路１
20 １から発振パルスが出力される（ステップＳ１０６）。この発振パルスは減算カウ
ンタ４５に入力され、減算カウンタ４５は、正常カウント値から発振パルスを減算
カウントする（ステップＳ１０７）。予め設定されたカウント期間、この場合、切
替手段２３によって切り替えられてから減衰振動が発生するまでの期間が終了する
まで減算カウント処理を実行し、カウント期間が終了すると（ステップＳ１０８）
25 、判定処理に移行する。

ステップＳ１０９において、判定手段２０は、減算カウンタ４５の減算結果に基づいて、発振パルスの数が正常カウント数の範囲（すなわち、基準値Ｎ１～Ｐ１）にあるか否かを判定する。正常カウント数の範囲内にある場合、判定手段２０は、正常に吐出されたと判定し（ステップＳ１１０）、逆に、正常カウント数の範囲内

にない場合には、そのインクジェットヘッド１００は吐出異常である（不具合ノズル１１０である）と判定する（ステップＳ１１１）。

そして、この判定手段２０による判定結果を記憶手段６２に記憶（保持）し（ステップＳ１１２）、駆動／検出切替信号に基づいて、静電アクチュエータ１２０との接続を発振回路１１から駆動回路１８に切り替えて、発振回路１１の発振を停止する（ステップＳ１１３）。ステップＳ１１４において、そのインクジェットヘッド１００による吐出駆動処理が終了したか否かが判断され、終了していると判断された場合にはこの吐出異常検出処理を終了する。また、まだ終了していないと判断された場合にはステップＳ１０１に移行して、同様の処理を繰り返す。

10 このように、本発明の吐出異常検出処理では、正常カウント値から発振パルスを減算し、その減算結果を所定の基準値と比較することより、インクジェットヘッド１００の吐出異常の有無及び吐出異常がある場合にはその原因を簡単な構成で検出することができる。

次に、本発明のもう一つの実施形態における吐出異常検出手段１０について説明する。ここでは、正常吐出時の半周期毎又は１／４周期毎の期間に基づいて、吐出異常を検出する場合について説明する。図２４は、本発明の他の実施形態における図２に示す吐出異常検出手段１０の概略的なブロック図である。なお、図１６と異なる構成のみを説明することとし、図１６のブロック図と同様の機能を有する構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

20 この吐出異常検出手段１０は、発振回路１１と、減算カウンタ４５と、複数の正常値メモリ４６ａ～４６ｎを有する正常値メモリ４６と、この正常値メモリを切り替える第１のセレクタ４８ａと、第１比較基準値メモリ４７ａと、第１判定手段２０ａと、複数の記憶手段６２ａ～６２ｎを有する記憶手段６２と、記憶手段６２を切り替える第２のセレクタ４８ｂと、第２比較基準値メモリ４７ｂと、第２判定手段２０ｂとから構成される。

25 第１のセレクタ４８ａは、正常吐出時の残留振動の所定のタイミングに基づいて、減算カウンタ４５に入力する正常カウント値を切り替えるものであり、第２のセレクタ４８ｂは、第１のセレクタ４８ａによって選択された正常カウント値メモリ４６ａ～４６ｎに対応して、第１判定手段２０ａ（上記例の判定手段２０と同じ構

成である)の判定結果を保存する記憶手段62を切り替えるものである。

第2判定手段20bは、図29のグラフに示すような複数の記憶手段62a~62nに記憶(保存)されている判定結果に基づいて、インクジェットヘッド100の吐出異常の有無及び吐出異常の原因を最終的に判定するものである。なお、図29の表に示すような数列が第2比較基準値メモリ47bに格納されている。

図25にカウント期間が正常吐出時の残留振動の半周期の場合における残留振動波形を示し、図26にカウント期間が正常吐出時の残留振動の1/4周期の場合における残留振動波形を示す。この実施形態では、正常吐出時の残留振動の最初の半周期もしくは1/4周期、又はその半周期毎もしくは1/4周期毎に、減算カウンタ45が減算処理をし、その複数の減算結果に基づいて吐出異常の検出、判定を行っている。

次に、図27のタイミングチャートを参照して、本実施形態の吐出異常検出手段10の動作を説明する。図27は、図24に示す減算カウンタ45の減算処理のタイミングチャート(半周期毎)である。駆動信号の直前に最初のLoad信号が入力され、正常カウント値1が減算カウンタ45に入力される。減算カウンタ45は、駆動信号の立ち下がりエッジに同期してゲートを開き、減算処理を開始する。残留振動の発生時(すなわち、振動板121が最初に定常位置に戻ったとき)に、Ls信号が記憶手段62に入力され、それまでの減算結果を記憶手段62aに保存するとともに、CLR信号及びLoad信号が減算カウンタ45に入力され、今までの減算結果をクリアして、次の正常カウント値2を入力する。

以下同様に、減算処理を繰り返し、それぞれの正常カウント値からの減算結果を記憶手段62に記憶する。第2判定手段20bは、第2比較基準値47bから比較基準値(図29の表参照)を入力され、その比較基準値に基づいて、対応するインクジェットヘッド100の吐出異常の有無及び吐出異常の原因を最終的に判定する。

なお、図28は、減算カウンタの減算結果と、それに基づく判定手段の判定結果の一例(半周期毎を(A)に、1/4周期毎を(B)に示す)を示す図であり、図29は、吐出異常の原因と各基準値の出力との関係(半周期毎を(A)に、1/4周期毎を(B)に示す)を示す図である。このように、複数箇所の期間の減算結果

を用いて判定することにより、より正確な吐出異常の判定処理を実行することができる。

次に、正常吐出時の残留振動の半周期毎又は $1/4$ 周期毎の期間に基づいて、吐出異常を検出する場合における吐出異常検出処理を説明する。図30は、本発明の
5 他の実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。図23のフローチャートと同様に、印字データがインクジェットプリンタ1に入力されたときなどの所定のタイミングで吐出異常検出処理が実行される。

まず、駆動信号の入力直前のタイミング（このタイミングに限らない）でLoad信号が減算カウンタ45に入力され、正常カウント値メモリ46から正常カウント値が入力（プリセット）される（ステップS201）。そして、印字データ（吐出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ33の駆動回路18から入力され、
10 それにより、図27のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに基づいて、静電アクチュエータ120の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加される（ステップS202）。そして、制御部6は、駆動信号（電圧信号）の静電アクチュエータ120への入力
15 が終了したか否かを判断し（ステップS203）、駆動信号の入力が終了すると、駆動／検出切替信号が、制御部6から切替手段23に入力される。

駆動／検出切替信号が切替手段23に入力されると、切替手段23によって、静電アクチュエータ120、すなわち、発振回路11を構成するコンデンサは、駆動回路18から切り離され、吐出異常検出手段10（検出回路）側、すなわち、発振回路11に接続される（ステップS204）。そして、静電アクチュエータ120の静電容量に基づいて、発振回路11を構成し（ステップS205）、発振回路11から発振パルスが出力される（ステップS206）。この発振パルスは減算カウンタ45に入力され、減算カウンタ45は、第1の正常カウント値1から発振パルスを減算カウントする（ステップS207）。予め設定されたカウント期間、この
25 場合、切替手段23によって切り替えられてから減衰振動が発生するまでの期間が終了するまで減算カウント処理を実行し、カウント期間が終了すると（ステップS208）、判定処理に移行する。

ステップS209において、第1判定手段20aは、減算カウンタ45の減算結

果に基づいて、発振パルス数が正常カウント数の範囲（すなわち、基準値N1～P1）にあるか否かを判定する。正常カウント数の範囲内にある場合、第1判定手段20aは、正常に吐出されたと判定し（ステップS210）、逆に、正常カウント数の範囲内にはない場合には、そのインクジェットヘッド100は吐出異常である

5 （不具合ノズル110である）と判定する（ステップS211）。

そして、この第1判定手段20aによる判定結果を第1の記憶手段62aに記憶（保持）し（ステップS212）、制御部6は、すべてのカウント期間について減算処理が終了したか否かを判断する（ステップS213）。まだ残留振動の半周期又は1/4周期毎の減算処理が実行されていないので、ステップS214に移行し

10 て、カウント期間指示信号を1つインクリメントし（図27のタイミングチャート参照）、第2のセクタ48bによって次の記憶手段62bを選択するとともに（ステップS215）、第1のセクタ48aにより次の正常カウント値メモリ46bを選択して、その正常カウント値2を減算カウンタ45にプリセットする（ステップS216）。そして、ステップS207以降の処理を繰り返す。

ステップS213においてすべてのカウント期間について減算処理（第1の判定処理）が終了したと判断された場合には、駆動/検出切替信号に基づいて、静電アクチュエータ120との接続を発振回路11から駆動回路18に切り替えて、発振回路11の発振を停止し（ステップS217）、第2判定手段20bは、複数の記憶手段62a～62nに記憶されている第1判定結果と第2比較基準値とに基づい

15 て、そのインクジェットヘッド100の吐出異常の判定処理を実行する（ステップS218）。そして、ステップS219において、そのインクジェットヘッド100による吐出駆動処理が終了したか否かが判断され、終了していると判断された場合にはこの吐出異常検出処理を終了する。また、まだ終了していないと判断された場合にはステップS201に移行して、同様の処理を繰り返す。

25 このように、本発明の吐出異常検出処理では、複数のタイミングにおいて正常カウント値から発振パルスを減算し、それらの減算結果を所定の基準値と比較することより、インクジェットヘッド100の吐出異常の有無及び吐出異常がある場合にはその原因を簡単な構成で、より正確に検出することができる。

以上のように、本実施形態の液滴吐出装置（インクジェットプリンタ1）及び吐

出異常判定方法では、静電アクチュエータ１２０の駆動により、インクジェットヘッド１００から液体を液滴として吐出する動作を行った際に、その静電アクチュエータ１２０の静電容量の変化に基づいて発振回路１１が発振し、減算カウンタ４５は、正常吐出時のカウント値である正常カウント値からこの発振パルスを減算し、

5 その減算結果に基づいて、判定手段２０は、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）、吐出異常の場合には、その原因が何であるかを判定することとした。

したがって、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法によって、従来のドット抜け検出方法（例えば、光学式検出方法など）を備える液滴吐出ヘッド、液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を正確に検出することができるとともに、回路構成が複雑でないで、吐出異常（ドット抜け）検出を行うことができる液滴吐出装置の製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出装置では、液滴吐出動作後の振動板の

10 残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。したがって、印字動作中に本発明の吐出異常判定方法を実行しても、液滴吐出装置のスループットを低下又は悪化させることはない。

また、本発明の液滴吐出装置によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

20

＜第２実施形態＞

25 次に、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例について説明する。図３１～図３４は、それぞれ、インクジェットヘッド１００の他の構成例の概略を示す断面図である。以下、これらの図に基づいて説明するが、前述した実施形態と相違する点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

図３１に示すインクジェットヘッド１００Ａは、圧電素子２００の駆動により振

動板 212 が振動し、キャビティ 208 内のインク（液体）がノズル 203 から吐出するものである。ノズル（孔） 203 が形成されたステンレス鋼製のノズルプレート 202 には、ステンレス鋼製の金属プレート 204 が接着フィルム 205 を介して接合されており、さらにその上に同様のステンレス鋼製の金属プレート 204
5 が接着フィルム 205 を介して接合されている。そして、その上には、連通口形成プレート 206 及びキャビティプレート 207 が順次接合されている。

ノズルプレート 202、金属プレート 204、接着フィルム 205、連通口形成プレート 206 及びキャビティプレート 207 は、それぞれ所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これらを重ねることにより、キャビティ 208
10 及びリザーバ 209 が形成される。キャビティ 208 とリザーバ 209 とは、インク供給口 210 を介して連通している。また、リザーバ 209 は、インク取り入れ口 211 に連通している。

キャビティプレート 207 の上面開口部には、振動板 212 が設置され、この振動板 212 には、下部電極 213 を介して圧電素子（ピエゾ素子） 200 が接合さ
15 れている。また、圧電素子 200 の下部電極 213 と反対側には、上部電極 214 が接合されている。ヘッドドライバ 215 は、駆動電圧波形を生成する駆動回路を備え、上部電極 214 と下部電極 213 との間に駆動電圧波形を印加（供給）することにより、圧電素子 200 が振動し、それに接合された振動板 212 が振動する。この振動板 212 の振動によりキャビティ 208 の容積（キャビティ内の圧力）
20 が変化し、キャビティ 208 内に充填されたインク（液体）がノズル 203 より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ 208 内で減少した液量は、リザーバ 209 からインクが供給されて補給される。また、リザーバ 209 へは、インク取り入れ口 211 からインクが供給される。

25 図 32 に示すインクジェットヘッド 100B も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 221 内のインク（液体）がノズルから吐出するものである。このインクジェットヘッド 100B は、一対の対向する基板 220 を有し、両基板 220 間に、複数の圧電素子 200 が所定間隔をおいて間欠的に設置されている。

隣接する圧電素子 200 同士の間には、キャビティ 221 が形成されている。キャビティ 221 の図 32 中前方にはプレート（図示せず）、後方にはノズルプレート 222 が設置され、ノズルプレート 222 の各キャビティ 221 に対応する位置には、ノズル（孔） 223 が形成されている。

- 5 各圧電素子 200 の一方の面及び他方の面には、それぞれ、一对の電極 224 が設置されている。すなわち、1つの圧電素子 200 に対し、4つの電極 224 が接合されている。これらの電極 224 のうち所定の電極間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 200 がシエアモード変形して振動し（図 32 において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 221 の容積（キャビティ内の圧力）
- 10 が変化し、キャビティ 221 内に充填されたインク（液体）がノズル 223 より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド 100B では、圧電素子 200 自体が振動板として機能する。

- 図 33 に示すインクジェットヘッド 100C も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 233 内のインク（液体）がノズル 231 から吐出するものである。このインクジェットヘッド 100C は、ノズル 231 が形成されたノズルプレート 230 と、スペーサ 232 と、圧電素子 200 とを備えている。圧電素子 200 は、ノズルプレート 230 に対しスペーサ 232 を介して所定距離離間して設置されており、ノズルプレート 230 と圧電素子 200 とスペーサ 232 とで囲まれる空間にキャビティ 233 が形成されている。
- 15

- 20 圧電素子 200 の図 33 中上面には、複数の電極が接合されている。すなわち、圧電素子 200 のほぼ中央部には、第 1 電極 234 が接合され、その両側部には、それぞれ第 2 の電極 235 が接合されている。第 1 電極 234 と第 2 電極 235 との間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 200 がシエアモード変形して振動し（図 33 において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 233
- 25 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 233 内に充填されたインク（液体）がノズル 231 より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド 100C では、圧電素子 200 自体が振動板として機能する。

図 34 に示すインクジェットヘッド 100D も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 245 内のインク（液体）がノズル 241 から吐出するもの

である。このインクジェットヘッド100Dは、ノズル241が形成されたノズルプレート240と、キャビティプレート242と、振動板243と、複数の圧電素子200を積層してなる積層圧電素子201とを備えている。

5 キャビティプレート242は、所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これにより、キャビティ245及びリザーバ246が形成される。キャビティ245とリザーバ246とは、インク供給口247を介して連通している。また、リザーバ246は、インク供給チューブ311を介してインクカートリッジ31と連通している。

10 積層圧電素子201の図34中下端は、中間層244を介して振動板243と接合されている。積層圧電素子201には、複数の外部電極248及び内部電極249が接合されている。すなわち、積層圧電素子201の外表面には、外部電極248が接合され、積層圧電素子201を構成する各圧電素子200同士の間（又は各圧電素子の内部）には、内部電極249が設置されている。この場合、外部電極248と内部電極249の一部が、交互に、圧電素子200の厚さ方向に重なるように配置される。

15 そして、外部電極248と内部電極249との間にヘッドドライバ33より駆動電圧波形を印加することにより、積層圧電素子201が図34中の矢印で示すように変形して（図34中上下方向に伸縮して）振動し、この振動により振動板243が振動する。この振動板243の振動によりキャビティ245の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ245内に充填されたインク（液体）がノズル241より液滴として吐出する。

20 液滴の吐出によりキャビティ245内で減少した液量は、リザーバ246からインクが供給されて補給される。また、リザーバ246へは、インクカートリッジ31からインク供給チューブ311を介してインクが供給される。

25 以上のような圧電素子を備えるインクジェットヘッド100A～100Dにおいても、前述した静電容量方式のインクジェットヘッド100と同様にして、振動板又は振動板として機能する圧電素子の残留振動に基づき、液滴吐出の異常を検出したりあるいはその異常の原因を特定することができる。なお、インクジェットヘッド100B及び100Cにおいては、キャビティに面した位置にセンサとしての振動板

(残留振動検出用の振動板)を設け、この振動板の残留振動を検出するような構成とすることもできる。

5 以上のように、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法は、静電アクチュエータ又は圧電アクチュエータの駆動により、液滴吐出ヘッドから液体を液滴として吐出する動作を行った際に、このアクチュエータによって変位させられた振動板の残留振動を検出し、その振動板の残留振動に基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか(吐出異常)を検出することとした。

10 また、本発明は、上記振動板の残留振動の振動パターン(例えば、残留振動波形の周期など)に基づいて、このようにして得られた液滴の吐出異常の原因を判定することとした。

したがって、本発明によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品(例えば、光学式のドット抜け検出装置など)を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているため、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

20 また、本発明によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

25 以上、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法を図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置を構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものと置換することができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

なお、本発明の液滴吐出装置の液滴吐出ヘッド(上述の実施形態では、インクジェットヘッド100)から吐出する吐出対象液(液滴)としては、特に限定されず、例えば以下のような各種の材料を含む液体(サスペンション、エマルション等の

分散液を含む)とすることができる。すなわち、カラーフィルタのフィルタ材料を含むインク、有機EL (Electro Luminescence) 装置におけるEL発光層を形成するための発光材料、電子放出装置における電極上に蛍光体を形成するための蛍光材料、PDP (Plasma Display Panel) 装置における蛍光体を形成するための蛍光材料、電気泳動表示装置における泳動体を形成する泳動体材料、基板Wの表面にバンクを形成するためのバンク材料、各種コーティング材料、電極を形成するための液状電極材料、2枚の基板間に微小なセルギャップを構成するためのスペーサを構成する粒子材料、金属配線を形成するための液状金属材料、マイクロレンズを形成するためのレンズ材料、レジスト材料、光拡散体を形成するための光拡散材料などである。

また、本発明では、液滴を吐出する対象となる液滴受容物は、記録用紙のような紙に限らず、フィルム、織布、不織布等の他のメディアや、ガラス基板、シリコン基板等の各種基板のようなワークであってもよい。

請求の範囲

1. 振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティと、前記キャ
5 ビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液体を液滴として吐出するノズルとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、
前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、
前記駆動回路によって前記アクチュエータが駆動された後、前記アクチュエータにより変位された前記振動板の残留振動に基づいて、発振する発振手段と、
10 前記発振手段によって発振した信号の所定の期間におけるパルス数を所定の基準値から減算する減算手段と、
前記減算手段の減算結果に基づいて、前記液滴吐出ヘッドに吐出異常が発生しているか否かを判定する判定手段と、
を備えることを特徴とする液滴吐出装置。
15
2. 前記判定手段は、前記吐出異常が発生していると判定した際、その吐出異常の原因を判定する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
3. 前記判定手段は、前記減算結果が第1の閾値よりも小さいときには、前記キャ
20 ビティ内に気泡が混入したものと判定する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
4. 前記判定手段は、前記減算結果が第2の閾値よりも大きいときには、前記ノ
ズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定する請求の範囲第1項に記載の液
25 滴吐出装置。
5. 前記判定手段は、前記減算結果が第2の閾値よりも小さく、第3の閾値よりも大きいときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

6. 前記判定手段によって判定された判定結果を記憶する記憶手段を更に備える請求の範囲第2項に記載の液滴吐出装置。

5 7. 前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える切替手段を更に備える請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

10 8. 前記発振手段は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによるCR発振回路を構成する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

15 9. 前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動波形における1又は複数箇所の期間である請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

10. 前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された後、前記残留振動が発生するまでの期間である請求の範囲第9項に記載の液滴吐出装置。

20

11. 前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期までの期間である請求の範囲第9項に記載の液滴吐出装置。

25 12. 前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期毎の期間である請求の範囲第9項に記載の液滴吐出装置。

13. 前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の

前記振動板の残留振動の 1 / 4 周期までの期間である請求の範囲第 9 項に記載の液滴吐出装置。

1 4. 前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の
5 前記振動板の残留振動の 1 / 4 周期毎の期間である請求の範囲第 9 項に記載の液滴吐出装置。

1 5. 前記所定の基準値は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出されたとき、前記所定の期間における前記発振手段により発振されたパルス数である請求の
10 範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

1 6. 前記判定手段は、前記複数の液滴吐出ヘッドを走査して発振手段により発振させ、前記減算手段により得られた減算結果に基づいて、それぞれの液滴吐出ヘッドに対し吐出異常が発生しているか否かを判定する請求の範囲第 1 項に記載の液
15 滴吐出装置。

1 7. 前記アクチュエータは、静電式アクチュエータである請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

20 1 8. 前記アクチュエータは、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータである請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

1 9. 前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

25

2 0. アクチュエータを駆動して振動板を振動させることにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、前記振動板の残留振動に基づいて発振させ、この発振した信号の所定の期間におけるパルス数を所定の基準値から減算し、該減算結果に基づいて、吐出異常が発生しているか否かを判定する

ことを特徴とする液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法。

21. 前記吐出異常が発生していると判定した際、その吐出異常の原因を判定する請求の範囲第20項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法。

5

22. 前記減算結果が第1の閾値よりも小さいときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと判定し、前記減算結果が第2の閾値よりも大きいときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定し、前記減算結果が第2の閾値よりも小さく、第3の閾値よりも大きいときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定する請求の範囲第21項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法。

10

23. 前記判定された判定結果を記憶部に記憶する請求の範囲第21項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法。

15

24. 前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える請求の範囲第20項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法。

20

25. 前記所定の期間は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動波形における1又は複数箇所の期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期までの期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の半周期毎の期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の1/4周期までの期間、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出された際の前記振動板の残留振動の1/4周期毎の期間のいずれかである請求の範囲第20項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法。

25

26. 前記所定の基準値は、前記液滴吐出ヘッドから液滴が正常に吐出されたと

き、前記所定の期間における発振されたパルス数である請求の範囲第20項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法。

要 約 書

- 本発明は、液滴吐出動作後におけるアクチュエータの静電容量の変化により発振するパルスを基準値から減算し、その減算結果に基づいて、液滴吐出ヘッドの吐出異常とその原因を判定することができる液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常判定方法を提供することを目的とする。本発明の液滴吐出装置は、振動板 1 2 1 と、振動板 1 2 1 を変位させる静電アクチュエータ 1 2 0 とを有する複数の液滴吐出ヘッドと、静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動する駆動回路 1 8 と、駆動回路 1 8 によって静電アクチュエータ 1 2 0 が駆動された後、振動板 1 2 1 の残留振動に基づいて発振する発振回路 1 1 と、発振回路 1 1 によって発振した信号の所定の期間におけるパルス数を所定の基準値から減算する減算カウンタ 4 5 と、減算カウンタ 4 5 の減算結果に基づいて、液滴吐出ヘッドに吐出異常が発生しているか否かを判定する判定手段 2 0 とを備える。